

08.11.2004

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

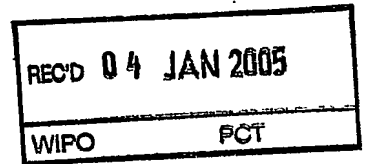
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 3 年 1 1 月    4 日  
Date of Application:

出 願 番 号            特 願 2 0 0 3 - 3 7 4 7 2 4  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 3 - 3 7 4 7 2 4 ]

出      願      人            松 下 電 器 産 業 株 式 有 限 公 司  
Applicant(s):

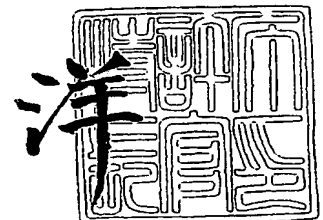


PRIORITY  
DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1 (a) OR (b)

2 0 0 4 年 1 2 月 1 6 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川



出 証 番 号    出 証 特 2 0 0 4 - 3 1 1 5 1 4 1

【書類名】 特許願  
【整理番号】 2054051047  
【提出日】 平成15年11月 4日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 H04N 5/335  
H04N 1/19

【発明者】  
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内  
【氏名】 岡山 裕昭

【発明者】  
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内  
【氏名】 山形 道弘

【発明者】  
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内  
【氏名】 朴 一武

【発明者】  
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内  
【氏名】 田中 康弘

【発明者】  
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内  
【氏名】 林 謙一

【発明者】  
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内  
【氏名】 伏見 吉正

【発明者】  
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内  
【氏名】 村田 茂樹

【発明者】  
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内  
【氏名】 林 孝行

【特許出願人】  
【識別番号】 000005821  
【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】  
【識別番号】 110000040  
【氏名又は名称】 特許業務法人池内・佐藤アンドパートナーズ  
【代表者】 池内 寛幸  
【電話番号】 06-6135-6051

【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 139757  
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】  
【物件名】 特許請求の範囲 1  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【包括委任状番号】 0108331

## 【書類名】特許請求の範囲

## 【請求項 1】

第 1 平面内に配置された光電変換機能を有する多数の画素を備える固体撮像素子、及び第 2 平面内に配置された複数の微小レンズを備える微小レンズアレイを有する撮像装置であって、

1 つの前記微小レンズに対して複数の前記画素が対応し、それぞれの前記微小レンズが対応する複数の前記画素に被写体像を結像し、

前記各画素の光電変換部分に入射可能な光線の最大入射角を  $\theta$ 、前記微小レンズの焦点距離を  $f$ 、1 つの前記微小レンズに対応する複数の前記画素が配置された領域に外接する円の直径を  $L$  としたとき、前記微小レンズに対応する複数の前記画素のうち、その微小レンズの光軸に対して最も遠い位置にある前記画素について下記式 (1) を満足することを特徴とする撮像装置。

$$\arctan (L/f) \leq \theta \quad \dots (1)$$

## 【請求項 2】

第 1 平面内に配置された光電変換機能を有する多数の画素と、多数の前記画素に一对一に対応して、前記画素の入射側に配置された多数の画素レンズとを備える固体撮像素子、及び第 2 平面内に配置された複数の微小レンズを備える微小レンズアレイを有する撮像装置であって、

1 つの前記微小レンズに対して複数の前記画素が対応し、それぞれの前記微小レンズが対応する複数の前記画素に被写体像を結像し、

前記画素レンズの開口数を  $NA$ 、前記微小レンズの焦点距離を  $f$ 、1 つの前記微小レンズに対応する複数の前記画素が配置された領域に外接する円の直径を  $L$  としたとき、前記微小レンズに対応する複数の前記画素のうち、その微小レンズの光軸に対して最も遠い位置にある前記画素について下記式 (2) を満足することを特徴とする撮像装置。

$$\arctan (L/f) \leq \arcsin NA \quad \dots (2)$$

## 【請求項 3】

第 1 平面内に配置された光電変換機能を有する多数の画素と、多数の前記画素に一对一に対応して、前記画素の入射側に配置された多数の画素レンズとを備える固体撮像素子、及び第 2 平面内に配置された複数の微小レンズを備える微小レンズアレイを有する撮像装置であって、

少なくとも一つの前記画素レンズの光軸は対応する前記画素の光電変換部分の中心に対して位置ずれしており、

1 つの前記微小レンズに対して複数の前記画素が対応し、それぞれの前記微小レンズが対応する複数の前記画素に被写体像を結像し、

前記画素レンズの開口数を  $NA$ 、前記微小レンズの焦点距離を  $f$ 、1 つの前記微小レンズに対応する複数の前記画素が配置された領域に外接する円の直径を  $L$ 、前記第 1 平面の法線に対して前記画素レンズの入射側の頂点と前記光電変換部分の中心とを結ぶ直線がなす角度を  $\phi$  としたとき、前記微小レンズに対応する複数の前記画素のうち、その微小レンズの光軸に対して最も遠い位置にある前記画素について下記式 (3) を満足することを特徴とする撮像装置。

$$\arctan (L/f) - \phi \leq \arcsin NA \quad \dots (3)$$

## 【請求項 4】

1 つの前記微小レンズに対応する複数の前記画素からの各出力信号が、前記微小レンズの光軸からの前記各画素の距離に応じて予め設定された補正係数により補正される請求項 1～3 のいずれかに記載の撮像装置。

## 【請求項 5】

前記固体撮像素子が CCD である請求項 1～3 のいずれかに記載の撮像装置。

## 【請求項 6】

前記固体撮像素子が CMOS である請求項 1～3 のいずれかに記載の撮像装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】撮像装置

【技術分野】

【0001】

本発明は撮像装置に関する。特に、多数の画素を有する固体撮像素子の被写体側に複数の微小レンズを配列した微小レンズアレイを配置した撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年市場規模が大きくなりつつあるデジタルスチルカメラの市場においては、より携帯性に優れた小型・薄型のカメラに対するニーズが高まってきている。信号処理を担うLSI等の回路部品は、配線パターンの微細化などにより高機能で小型化が進んでいる。また、記録メディアも小型・大容量のものが廉価にて入手できるようになってきている。しかしながら、レンズとCCDやCMOSなどの固体撮像素子とで構成される撮像系の小型化は未だ十分とは言えず、より携帯性に優れたカメラを実現するためにも小型の撮像系の開発が要望されている。

【0003】

撮像系の小型化を実現するための構成として、平面上に複数の微小レンズを配列したレンズアレイ光学系を用いたものが知られている。従来の光軸上に複数のレンズを並べた光学系は、光軸方向に長くなるため体積が増大し、またレンズ径が大きいため収差が大きくなるという問題を有していた。これに対して、レンズアレイ光学系は、光軸方向に薄くでき、かつ個々の微小レンズ径が小さいため収差を比較的小さく抑えることが可能である。

【0004】

このようなレンズアレイを用いた撮像系が特許文献1に開示されている。この撮像系は、被写体側から順に、複数の微小レンズが平面内に配列された微小レンズアレイと、微小レンズと一対一に対応する複数のピンホールが平面内に形成されたピンホールマスクと、各ピンホールを通過した光が結像する像平面とを備える。各微小レンズはピンホールマスク上にそれぞれ被写体の縮小像を形成し、各ピンホールはこの縮小像の互いに異なる部分の光を通過（サンプリング）させる。その結果、像平面上に被写体像が形成される。

【0005】

しかしながら、上記特許文献1の撮像系では、像平面上に形成される被写体像の解像度は微小レンズ（即ちピンホール）の個数および密度によって決まるため、高画質化は困難であった。つまり、対をなす微小レンズとピンホールとからなる構成単位の配置が、得られる画像のサンプリング点の配置を決定するので、高画質化のためには、上記構成単位の個数を多くしてサンプリング点数を増やすとともに、個々の微小レンズを小型化して上記構成単位の配列ピッチを小さくする必要がある。ところが、微小レンズの小型化には限界があるため、高解像度化は困難であった。また、ピンホールによって像平面に達する光束を制限しているため、光量ロスも大きく感度の面でも課題があった。

【0006】

上記の課題を解決する別のレンズアレイを用いた撮像系が特許文献2に開示されている。この撮像系は、被写体側から順に、複数の微小レンズが平面内に配列された微小レンズアレイと、各微小レンズアレイからの光信号が互いに混信しないように分離するための格子状の隔壁からなる隔壁層と、平面内に配置された多数の光電変換素子とを備える。1つの微小レンズと、これに対応する、隔壁層によって分離された1つの空間と、複数の光電変換素子とが、1つの結像ユニットを構成する。個々の結像ユニットにおいて、微小レンズが、対応する複数の光電変換素子上に被写体像を結像する。これにより、結像ユニットごとに撮影画像が得られる。この撮影画像の解像度は1つの結像ユニットを構成する光電変換素子の数（画素数）に対応する。被写体に対する個々の微小レンズの相対的位置が異なることにより、複数の光電変換素子上に形成される被写体像の結像位置が結像ユニットごとに異なる。その結果、得られる撮影画像は結像ユニットごとに異なる。この互いに異なる複数の撮影画像を信号処理することにより、一つ画像を得ることができる。この撮

像系では、個々の結像ユニットを構成する画素数は少ないため、個々の結像ユニットから得られる撮影画像の画質は低いが、複数の結像ユニットにおいてそれぞれ得られる少しずつずれた撮影画像を用いて信号処理して画像を再構築することにより、多数の光電変換素子で撮影した場合と同様の画質の映像を得ることができる。

【特許文献1】特公昭59-50042号公報

【特許文献2】特開2001-61109号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、上記の特許文献2の撮像系では、結像ユニットを構成する複数の光電変換素子のうち、微小レンズの光軸から離れた位置（即ち周辺部）に配置された光電変換素子ほど、光束の入射角が増大する。

【0008】

その結果、大きな入射角で入射する光束が、光電変換素子の周囲の構造物によりけられ、光損失を生じる。これにより、各結像ユニットにおいて、周辺部の光電変換素子ほど出力信号強度が低下してしまい、複数の結像ユニットから得られた複数の撮影画像を再構築して得られる1つの画像の画質が低下してしまう。また、光電変換素子に入射しない光束は、内部反射などにより意図しない光電変換素子に入射して、画質低下を招く原因にもなる。

【0009】

本発明は、従来の以上のような問題を解決し、各結像ユニットにおいて、微小レンズからの光がけられることなく光電変換素子に入射することができ、その結果、高画質画像を得ることができる撮像装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記の目的を達成するために、本発明の第1の撮像装置は、第1平面内に配置された光電変換機能を有する多数の画素を備える固体撮像素子、及び第2平面内に配置された複数の微小レンズを備える微小レンズアレイを有する。ここで、1つの前記微小レンズに対する複数の前記画素が対応し、それぞれの前記微小レンズが対応する複数の前記画素に被写体像を結像する。前記各画素の光電変換部分に入射可能な光線の最大入射角を $\theta$ 、前記微小レンズの焦点距離を $f$ 、1つの前記微小レンズに対応する複数の前記画素が配置された領域に外接する円の直径を $L$ としたとき、前記微小レンズに対応する複数の前記画素のうち、その微小レンズの光軸に対して最も遠い位置にある前記画素について下記式(1)を満足する。

【0011】

$$\arctan(L/f) \leq \theta \quad \dots (1)$$

本発明の第2の撮像装置は、第1平面内に配置された光電変換機能を有する多数の画素と、多数の前記画素に一对一に対応して、前記画素の入射側に配置された多数の画素レンズとを備える固体撮像素子、及び第2平面内に配置された複数の微小レンズを備える微小レンズアレイを有する。ここで、1つの前記微小レンズに対して複数の前記画素が対応し、それぞれの前記微小レンズが対応する複数の前記画素に被写体像を結像する。前記画素レンズの開口数を $NA$ 、前記微小レンズの焦点距離を $f$ 、1つの前記微小レンズに対応する複数の前記画素が配置された領域に外接する円の直径を $L$ としたとき、前記微小レンズに対応する複数の前記画素のうち、その微小レンズの光軸に対して最も遠い位置にある前記画素について下記式(2)を満足する。

【0012】

$$\arctan(L/f) \leq \arcsin NA \quad \dots (2)$$

本発明の第3の撮像装置は、第1平面内に配置された光電変換機能を有する多数の画素と、多数の前記画素に一对一に対応して、前記画素の入射側に配置された多数の画素レンズとを備える固体撮像素子、及び第2平面内に配置された複数の微小レンズを備える微小

レンズアレイを有する。ここで、少なくとも一つの前記画素レンズの光軸は対応する前記画素の光電変換部分の中心に対して位置ずれしている。1つの前記微小レンズに対して複数の前記画素が対応し、それぞれの前記微小レンズが対応する複数の前記画素に被写体像を結像する。前記画素レンズの開口数をNA、前記微小レンズの焦点距離をf、1つの前記微小レンズに対応する複数の前記画素が配置された領域に外接する円の直径をL、前記第1平面の法線に対して前記画素レンズの入射側の頂点と前記光電変換部分の中心とを結ぶ直線がなす角度を $\phi$ としたとき、前記微小レンズに対応する複数の前記画素のうち、その微小レンズの光軸に対して最も遠い位置にある前記画素について下記式(3)を満足する。

$$\text{【0013】} \quad \arctan(L/f) - \phi \leq \arcsin NA \quad \dots (3)$$

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、受光部に入射する光束の入射角が適切に規制され、光束がけられることがない。従って、光損失が少なく、且つ迷光の発生を抑えることができるので、高画質画像を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

CCDやCMOSなどに代表される固体撮像素子では、光電変換を行う光電変換部分（以下、「受光部」という）は、その撮像素子の一部を占めるに過ぎず、且つ撮像素子の表面に配置されているわけではない。したがって、一般に、撮像素子上に入射する光束は、その入射角が大きいと、受光部の周囲の構造物によりけられ、反射され、受光部に入射することができない。

【0016】

ところが、本発明の上記の第1～第3の撮像装置によれば、受光部に入射する光束の入射角が適切に規制され、光束がけられることがない。従って、光損失が少なく、且つ迷光の発生を抑えることができるので、高画質画像を得ることができる。

【0017】

上記の本発明の第1～第3の撮像装置において、1つの前記微小レンズに対応する複数の前記画素からの各出力信号が、前記微小レンズの光軸からの前記各画素の距離に応じて予め設定された補正係数により補正されることが好ましい。これにより、各結像ユニットにおいて、微小レンズの光軸から遠い画素の受光部ほど入射光量が低下し、これにより出力信号強度が低下するという問題を解消できる。その結果、周辺部まで高画質の画像を得ることができる。

【0018】

上記の本発明の第1～第3の撮像装置において、前記固体撮像素子として、CCDを用いることができる。あるいは、CMOSを用いることもできる。

【0019】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

【0020】

(実施の形態1)

図1は、本発明の実施の形態1の撮像装置の概略構成を示した斜視図である。図1において、10は第1平面内に縦横方向に配列された多数の画素11を備える固体撮像素子（例えば、CCDやCMOS）、20は、第1平面と平行で且つ離間した第2平面内に縦横方向に配列された複数の微小レンズ21を備える微小レンズアレイである。1つの微小レンズ21に対して複数の画素11が対応する。被写体からの光束は複数の微小レンズ21に入射して、各微小レンズ21は、対応する複数の画素11上に被写体像を形成する。30は、微小レンズ21からの光がその微小レンズ21には対応しない画素11に入射して、クロストークが生じるのを防止するために、微小レンズ21の配置に対応して格子枠状に配置された隔壁層である。1つの微小レンズ21と、隔壁層30により分割された1つ

の空間と、該微小レンズ 21 に対応する複数の画素 11 とが、1つの結像ユニット 40 を構成する。

#### 【0021】

なお、隔壁層 30 は、異なる結像ユニット 40 の微小レンズ 21 からの光束が画素 11 に入射するのを問題のない程度に防止できるのであれば、省略可能である。

#### 【0022】

図 2 は、本実施の形態の撮像装置の 1つの結像ユニット 40 の、微小レンズ 21 の光軸 21a を含む面での断面図である。図 2 では隔壁層 30 は省略している。画素 11 は、光軸 21a に対してほぼ軸対称に配置される。

#### 【0023】

CCD や CMOS などに代表される固体撮像素子 10 において、各画素 11 に配置された光電変換を行う受光部（光電変換部分）12 は、一般に、固体撮像素子 10 の表面ではなく、図 2 のように凹部内の底部に配置されている。従って、受光部 12 に入射できる光線の入射角度には上限が存在する。図 2 から明らかなように、微小レンズ 21 の光軸 21a から遠い位置にある受光部 12 ほど、微小レンズ 21 からの光線の入射角度が大きくなる。

#### 【0024】

図 3 は、受光部 12 近傍の拡大断面図である。図 3 において、10a は、受光部 12 が配置された第 1 平面の法線である。 $\theta$  は受光部 12 に入射可能な光線の最大入射角である。 $\alpha$  は微小レンズ 21 からの光線 2 の受光部 12 に対する入射角である。微小レンズ 21 からの光線 2 がけられることなく受光部 12 に入射するためには、 $\alpha \leq \theta$  である必要がある。

#### 【0025】

図 2 に示すように、微小レンズ 21 の焦点距離を  $f$ 、1つの微小レンズ 21 に対応する複数の画素 11 が配置された領域（即ち、固体撮像素子 10 のうち、1つの結像ユニット 40 の光軸 21a に沿った投影領域）に外接する円の直径を  $L$  とすると、光軸 21a から最も遠い画素（受光部 12）において入射角  $\alpha = \arctan(L/f)$  である。

#### 【0026】

従って、

$$\arctan(L/f) \leq \theta \quad \dots (1)$$

を満足する必要がある。

#### 【0027】

光軸 21a から最も遠い画素 11 の受光部 12 について上記式 (1) を満足するとき、微小レンズ 21 からの光束は、対応する全ての受光部 12 に、固体撮像素子 10 の構造物によってけられることなく入射する。より正確には、上記式 (1) を満足するとき、微小レンズ 21 から受光部 12 に入射する光束が無収差の場合には、損失なく光束が受光部 12 に入射し、収差を含む場合には、光束の損失を最低限に抑えることができる。

#### 【0028】

なお、上記において、光軸 21a は上記外接円の中心をほぼ通過し、この外接円の直径  $L$  は、通常は、微小レンズ 21 の有効部に外接する円の直径に一致する。更に、本実施の形態では、光軸 21a に沿って見た結像ユニット 40 の形状は略正方形であるから、直径  $L$  はこの正方形の対角線の長さに一致する。

#### 【0029】

次に、固体撮像素子 10 の各受光部 12 に入射した光束から画像を得る方法を図 4 (A) 及び図 4 (B) を用いて説明する。

#### 【0030】

図 4 (A) に示すように、結像ユニット 40 ごとに、微小レンズアレイ 20 の微小レンズ 21 は、被写体 90 の像 91 を固体撮像素子 10 上に結像する。固体撮像素子 10 の各受光部 12 は入射した光束を光電変換する。ここで、固体撮像素子 10 の垂直軸を  $x$  軸、水平軸を  $y$  軸とし、位置  $(x, y)$  にある受光部 12 からの信号を  $I(x, y)$  とすると

、固体撮像素子10に含まれる全ての受光部12についての信号 $I(x, y)$ が読み出される(ステップ101)。

#### 【0031】

次に、この各受光部12からの信号 $I(x, y)$ を結像ユニット40ごとに分割する。即ち、図4(B)に示すように、受光部12が $m$ 列 $\times$  $n$ 行に配置された結像ユニット40内の第 $i$ 列、第 $k$ 行の位置にある受光部12の位置を $(i, k)_{(m, n)}$ とし、この受光部12からの信号を $I(i, k)_{(m, n)}$ とすると、上記各信号 $I(x, y)$ を結像ユニット40内における信号 $I(i, k)_{(m, n)}$ として取り扱う。この結果、結像ユニット40ごとに $m$ 列 $\times$  $n$ 行の画素からなる画像が再構成される(ステップ103)。

#### 【0032】

その後、異なる結像ユニット40間において、信号 $I(i, k)_{(m, n)}$ を処理して1枚の画像を再構築する(ステップ105)。この信号処理としては、上記特許文献2に記載された方法を用いることができ、その詳細説明を省略する。結像ユニット40内における被写体像91の形成位置が結像ユニット40ごとに異なるために、位置 $(i, k)$ が同じ受光部12からの信号 $I(i, k)_{(m, n)}$ は結像ユニット40ごとに異なる。従って、1つの結像ユニット40に含まれる受光部12の数( $m \times n$ 個)を遙かに超えた高解像度の画像が得られる。

#### 【0033】

本実施の形態によれば、各結像ユニット40において、微小レンズ21からの光束は、全ての受光部12に、固体撮像素子10の構造物によってけられることなく入射する。従って、受光部12に、その位置にかかわらず、十分な光が入射し、高コントラストの信号 $I(x, y)$ が得られる。その結果、被写体の微細な構造まで再構築することができる。

#### 【0034】

また、上記の信号処理において、被写体90の同一位置の信号の強度が結像ユニット40ごとに異なると、再構築される画像のコントラストや解像度が低下するなどの画質劣化を生じる。本実施の形態の撮像装置は、上記の式(1)を満足することにより、各結像ユニット40を構成する全ての受光部12に、光束がけられなく入射するので、結像ユニット40間において、被写体90の同一位置の信号の強度差を小さくすることができる。この結果、高画質画像を得ることができる。

#### 【0035】

さらに、光束のけられを抑えることができるので、反射した光束が意図しない受光部12に入射するのを低減できる。従って、迷光による画質劣化を防止できる。

#### 【0036】

(実施の形態2)

本発明の実施の形態2の撮像装置を、実施の形態1との相違点を中心に説明する。

#### 【0037】

図5は、本実施の形態の撮像装置の1つの結像ユニット40の、微小レンズ21の光軸21aを含む面での断面図である。本実施の形態では、固体撮像素子10の受光部12の入射側に、受光部12と一対一に対応して画素レンズ13が設けられている点で実施の形態1と異なる。実施の形態1と同一機能を有する要素には同一の符号を付してそれらについての説明を省略する。

#### 【0038】

画素レンズ13は、「オンチップレンズ」とも呼ばれ、受光部12以外のところに結像しようとする光束を受光部12に導く。画素レンズ13の配置ピッチと受光部12の配置ピッチとは同一であり、画素レンズ13の光軸は、対応する受光部12のほぼ中心を通る。光軸21aに沿って見た固体撮像素子10の面において受光部12の占める面積はその一部に過ぎない。従って、画素レンズ13を有しない実施の形態1の固体撮像素子10では、微小レンズ21からの光束は、その一部が受光部12に入射し、残りは受光部12に入射せずに反射し、これが光量ロスとなる。本実施の形態のように、受光部12より大きな有効径を有する画素レンズ13を受光部12の入射側に設けることにより、集光効率を



改善し、光量ロスを低減し、受光感度を向上させることができる。また、受光部 12 以外の部分で反射して生じる迷光を低減し、これによる画質劣化を低減できる。

#### 【0039】

図 6 は、受光部 12 近傍の拡大断面図である。画素レンズ 13 を設けた場合であっても、実施の形態 1 の場合と同様に、受光部 12 に入射可能な光線の最大入射角  $\theta$  が存在する。 $\alpha$  は微小レンズ 21 からの光線 2 の受光部 12 に対する入射角である。微小レンズ 21 からの光線 2 が、けられることなく受光部 12 に入射するためには、 $\alpha \leq \theta$  である必要がある。

#### 【0040】

ここで、画素レンズ 13 の開口数を NA とすると、最大入射角  $\theta$  は NA に依存し、 $\theta = \arcsin NA$  がほぼ成立する。また、図 5 に示すように、微小レンズ 21 の焦点距離を  $f$ 、1 つの微小レンズ 21 に対応する複数の画素 11 が配置された領域（即ち、固体撮像素子 10 のうち、1 つの結像ユニット 40 の光軸 21a に沿った投影領域）に外接する円の直径を  $L$  とすると、光軸 21a から最も遠い画素（受光部 12）において入射角  $\alpha = \arctan (L/f)$  である。

#### 【0041】

従って、

$$\arctan (L/f) \leq \arcsin NA \quad \dots (2)$$

を満足する必要がある。

#### 【0042】

光軸 21a から最も遠い画素 11 の受光部 12 について上記式 (2) を満足するとき、実施の形態 1 と同様に、微小レンズ 21 からの光束は、対応する全ての受光部 12 に、固体撮像素子 10 の構造物によってほとんどけられることなく入射する。

#### 【0043】

画素レンズ 13 がその製造プロセス上の理由により完全な球面レンズでないことが多いため、上述した  $\theta = \arcsin NA$  の関係が成立しない場合も存在する。しかしながら、そのような場合であっても、上記式 (2) を満足することにより光量損失を抑制することが可能である。

#### 【0044】

固体撮像素子 10 からの出力信号に基づいて画像を得る方法は実施の形態 1 と同様である。本実施の形態によれば、実施の形態 1 の場合と同様に、高画質画像を得ることができる。

#### 【0045】

(実施の形態 3)

本発明の実施の形態 3 の撮像装置を、実施の形態 1、2 との相違点を中心に説明する。

#### 【0046】

図 7 は、本実施の形態の撮像装置の 1 つの結像ユニット 40 の、微小レンズ 21 の光軸 21a を含む面での断面図である。本実施の形態では、実施の形態 2 と同様に、固体撮像素子 10 の受光部 12 の入射側に、受光部 12 と一対一に対応して画素レンズ 14 が設けられている。但し、本実施の形態は、少なくとも一つの画素レンズ 14 の光軸は、対応する受光部 12 の中心に対して位置ずれしている点で、全ての画素レンズ 13 の光軸が、対応する受光部 12 の中心を通る実施の形態 2 と異なる。画素レンズ 14 の光軸の受光部 12 の中心に対するずれ量は、固体撮像素子 10 に含まれる全ての画素レンズ 14 について同一である必要はない。例えば、画素レンズ 14 の光軸の受光部 12 の中心に対するずれ量が、固体撮像素子 10 の受光領域の中央においてほぼゼロであり、これより周辺にいくに従って徐々に増加していても良い。実施の形態 1、2 と同一機能を有する要素には同一の符号を付してそれらについての説明を省略する。

#### 【0047】

画素レンズ 14 は、実施の形態 2 の画素レンズ 13 と同様に、集光効率を改善し、光量ロスを低減し、受光感度を向上させることができる。また、受光部 12 以外の部分で反射

して生じる迷光を低減し、これによる画質劣化を低減できる。

#### 【0048】

図8は、受光部12近傍の拡大断面図である。本実施の形態では、画素レンズ14が受光部12に対して位置ずれているので、画素レンズ14の入射側の頂点とこの画素レンズ14に対応する受光部12の中心とを結ぶ直線14aに対して角度 $\theta$ 以下の角度の光線であれば、受光部12に入射することができる。 $\alpha$ は微小レンズ21からの光線2の受光部12に対する入射角である。 $\phi$ は直線14aと、受光部12が配置された第1平面の法線10aとがなす角度である。微小レンズ21からの光線2が、けられることなく受光部12に入射するためには、 $\alpha - \phi \leq \theta$ である必要がある。

#### 【0049】

実施の形態2で説明したのと同様に、画素レンズ13の開口数をNAとすると、角度 $\theta$ はNAに依存し、 $\theta = \arcsin NA$ がほぼ成立する。また、図7に示すように、微小レンズ21の焦点距離をf、1つの微小レンズ21に対応する複数の画素11が配置された領域（即ち、固体撮像素子10のうち、1つの結像ユニット40の光軸21aに沿った投影領域）に外接する円の直径をLとすると、光軸21aから最も遠い画素（受光部12）において入射角 $\alpha = \arctan (L/f)$ である。

#### 【0050】

従って、

$$\arctan (L/f) - \phi \leq \arcsin NA \quad \dots (3)$$

を満足する必要がある。

#### 【0051】

光軸21aから最も遠い画素11の受光部12について上記式(3)を満足するとき、実施の形態1、2と同様に、微小レンズ21からの光束は、対応する全ての受光部12に、固体撮像素子10の構造物によってほとんどけられることなく入射する。

#### 【0052】

画素レンズ14がその製造プロセス上の理由により完全な球面レンズでないことが多いため、上述した $\theta = \arcsin NA$ の関係が成立しない場合も存在する。しかしながら、そのような場合であっても、上記式(3)を満足することにより光量損失を抑制することが可能である。

#### 【0053】

固体撮像素子10からの出力信号に基づいて画像を得る方法は実施の形態1と同様である。本実施の形態によれば、実施の形態1、2の場合と同様に、高画質画像を得ることができる。

#### 【0054】

(実施の形態4)

本発明の実施の形態4の撮像装置を、実施の形態1～3との相違点を中心に説明する。

#### 【0055】

図9は、本実施の形態の撮像装置の1つの結像ユニット40の、微小レンズ21の光軸21aを含む面での断面図である。本実施の形態では、実施の形態2と同様に、固体撮像素子10の受光部12の入射側に、受光部12と一対一に対応して画素レンズ（第1画素レンズ）13が設けられている。但し、実施の形態2とは異なり、本実施の形態では、画素レンズ13と受光部12との間に、更に第2画素レンズ（層内レンズ）15が設けられている。第1画素レンズ13の光軸と第2画素レンズ15の光軸とは一致する。実施の形態1～3と同一機能を有する要素には同一の符号を付してそれらについての説明を省略する。

#### 【0056】

第2画素レンズ15は、第1画素レンズ13と同様に、集光効率を改善し、光量ロスを低減し、受光感度を向上させる。従って、画素レンズ13に加えて第2画素レンズ15を有する本実施の形態では、受光部12に入射可能な光線の最大入射角 $\theta$ は、第2画素レンズ15を有しない実施の形態2に比べて拡大する。

## 【0057】

この場合においても、第1画素レンズ13と第2画素レンズ15とからなる光学系の開孔数をNAとして、結像ユニット40内において光軸21aから最も遠い画素11の受光部12について実施の形態2で説明した式(2)を満足することが好ましい。これにより、実施の形態2で説明したのと同様に、高画質画像を得ることができる。

## 【0058】

なお、図9では、実施の形態2で説明した図5の光学系に第2画素レンズ15を追加した場合を説明したが、実施の形態3で説明した図7の光学系に、同様に第2画素レンズ15を追加することもできる。このとき、第2画素レンズ15の光軸は、画素レンズ14の光軸とはほぼ一致させる。この場合にも、画素レンズ14と第2画素レンズ15とからなる光学系の開孔数をNAとして、結像ユニット40内において光軸21aから最も遠い画素11の受光部12について実施の形態3で説明した式(3)を満足することが好ましい。これにより、実施の形態3で説明したのと同様に、高画質画像を得ることができる。

## 【0059】

(実施の形態5)

実施の形態1~4において説明した式(1)~式(3)は、結像ユニット40間において、被写体90の同一位置の信号の強度の差を小さくすることにより、画像品質を向上させることを意図している。これに対して、本実施の形態では、一つの結像ユニット40内における受光部12の位置に起因する信号強度の差を小さくすることにより、画像品質を向上させる手法を説明する。

## 【0060】

被写体が無模様の均一な明るさの平面である場合、一つの結像ユニット40に含まれる受光部12に入射する光束の光量は、一般に、微小レンズ21の光軸21aの近傍の受光部ほど大きく、光軸から遠い受光部ほど小さくなる。従って、図4(B)で示した位置 $(i, k)_{(m, n)}$ にある受光部12からの信号 $I(i, k)_{(m, n)}$ の強度は、微小レンズ21の光軸21aの近傍の受光部からのものほど大きく、光軸から遠い受光部からのものほど小さくなる。このように画面の周辺部では信号強度が小さいために、画面周辺部でのコントラストが低下し、再構築される画像の解像度が低下したり、画像の再構築が困難となったりする。このような信号強度の不均一は、上述した式(1)~式(3)では解消することができない。

## 【0061】

本実施の形態における信号処理を図10により説明する。図4(A)と同一の構成要素には同一の符号を付してそれらについての説明を省略する。

## 【0062】

図4(A)で説明したのと同様に、信号 $I(x, y)$ を読み出し(ステップ101)、結像ユニット40ごとに画像を再構成(ステップ103)した後、本実施の形態では、結像ユニット40ごとの画像を構成する信号 $I(i, k)_{(m, n)}$ に対して補正処理を行う。

## 【0063】

補正処理に先立って、結像ユニット40内の全ての受光部12について、その位置 $(i, k)_{(m, n)}$ に対応した補正係数 $A(i, k)$ を予め設定し、メモリなどに記憶しておく。この補正係数テーブルは、無模様で均一な明るさの被写体を撮影したとき、結像ユニット40内の各受光部12に入射する光量バラツキを解消するためのものである。例えば、微小レンズ21の光軸21aに最も近い受光部12の補正係数を1とし、光軸21aより遠い受光部12ほど補正係数を徐々に大きく設定することができる。あるいは、光軸21aから最も遠い受光部12の補正係数を1とし、これより光軸21aに近い受光部12ほど補正係数を徐々に小さな値(但し、補正係数は0より大きい)に設定することができる。

## 【0064】

そして、位置 $(i, k)_{(m, n)}$ の信号 $I(i, k)_{(m, n)}$ に対して、補正係数テーブルの補正係数 $A(i, k)$ を順に乗じて、補正後の $I'(i, k)_{(m, n)}$ を得る(ステップ1

04)。

【0065】

その後、この補正後の  $I' (i, k)_{(m,n)}$  を用いて、図4 (A) で説明したのと同様に、画像を再構築する (ステップ105)。

【0066】

以上のように、本実施の形態によれば、各結像ユニット40において、微小レンズ21の光軸21aから遠い受光部12ほど入射光量が低下することにより出力信号強度するという問題を解消できる。その結果、周辺部まで高画質の画像を得ることができる。

【産業上の利用可能性】

【0067】

本発明の撮像装置の利用分野は特に限定されないが、薄型で高画質画像を得ることができるので、特に小型、薄型の携帯機器などに利用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0068】

【図1】 図1は、本発明の実施の形態1の撮像装置の概略構成を示した斜視図である。

【図2】 図2は、本発明の実施の形態1の撮像装置を構成する結像ユニットの、微小レンズの光軸を含む面での断面図である。

【図3】 図3は、本発明の実施の形態1の撮像装置において、受光部近傍の拡大断面図である。

【図4】 図4 (A) は、本発明の実施の形態1の撮像装置において、固体撮像素子からの信号の処理の概略を示した図である。図4 (B) は、本発明の実施の形態1の撮像装置において、結像ユニットを構成する受光部を示した斜視図である。

【図5】 図5は、本発明の実施の形態2の撮像装置を構成する結像ユニットの、微小レンズの光軸を含む面での断面図である。

【図6】 図6は、本発明の実施の形態2の撮像装置において、受光部近傍の拡大断面図である。

【図7】 図7は、本発明の実施の形態3の撮像装置を構成する結像ユニットの、微小レンズの光軸を含む面での断面図である。

【図8】 図8は、本発明の実施の形態3の撮像装置において、受光部近傍の拡大断面図である。

【図9】 図9は、本発明の実施の形態4の撮像装置を構成する結像ユニットの、微小レンズの光軸を含む面での断面図である。

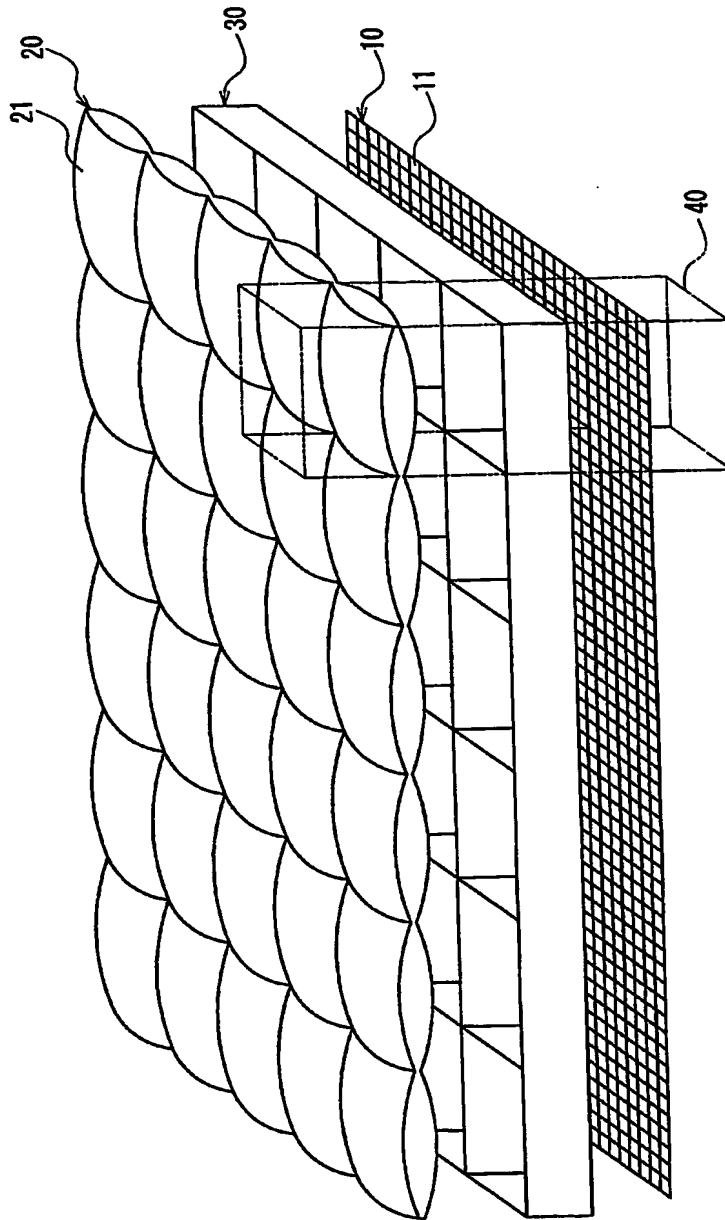
【図10】 図10は、本発明の実施の形態5の撮像装置において、固体撮像素子からの信号の処理の概略を示した図である。

【符号の説明】

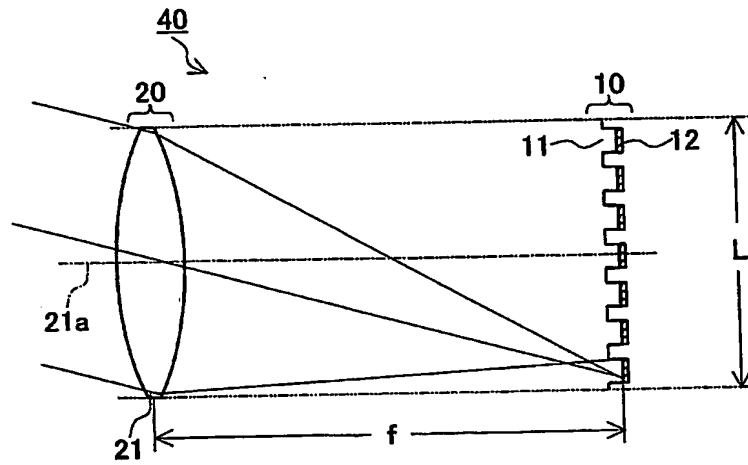
【0069】

- 10 固体撮像素子
- 10a 第1平面の法線
- 11 画素
- 12 受光部 (光電変換部分)
- 13, 14 画素レンズ
- 15 第2画素レンズ
- 20 微小レンズアレイ
- 21 微小レンズ
- 21a 微小レンズの光軸
- 30 隔壁層
- 40 結像ユニット

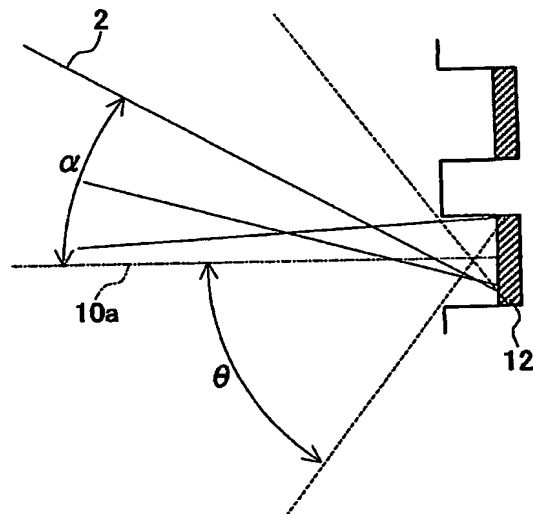
【書類名】 図面  
【図 1】



【図 2】

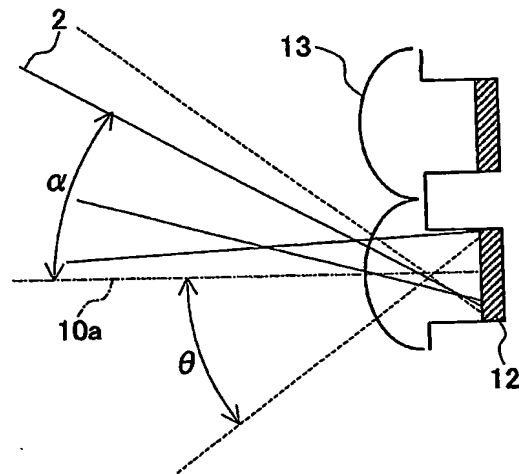


【図 3】

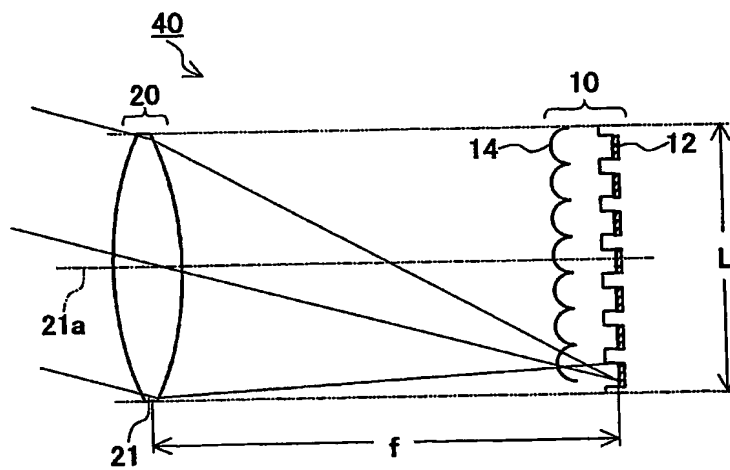




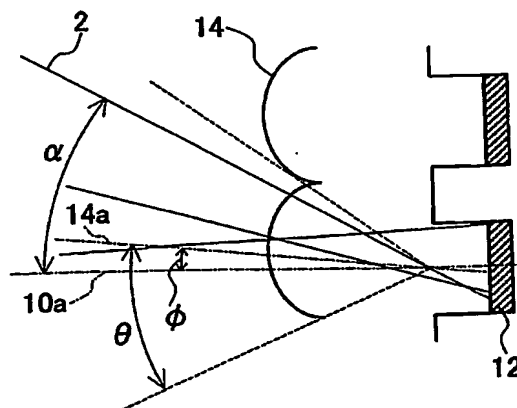
【図 6】



【図 7】

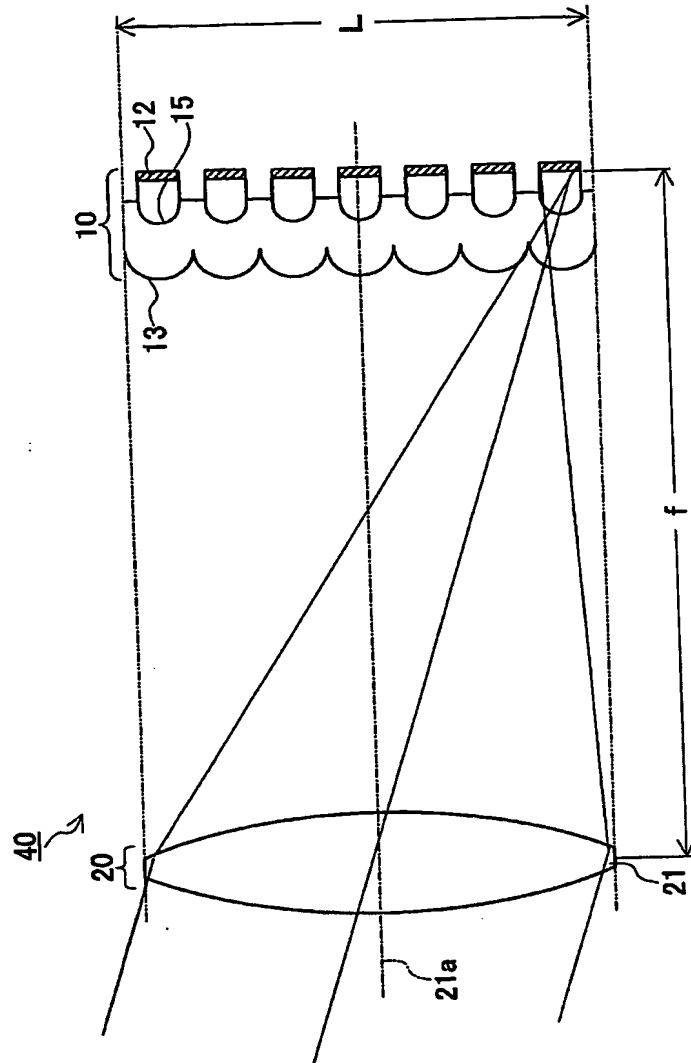


【図 8】

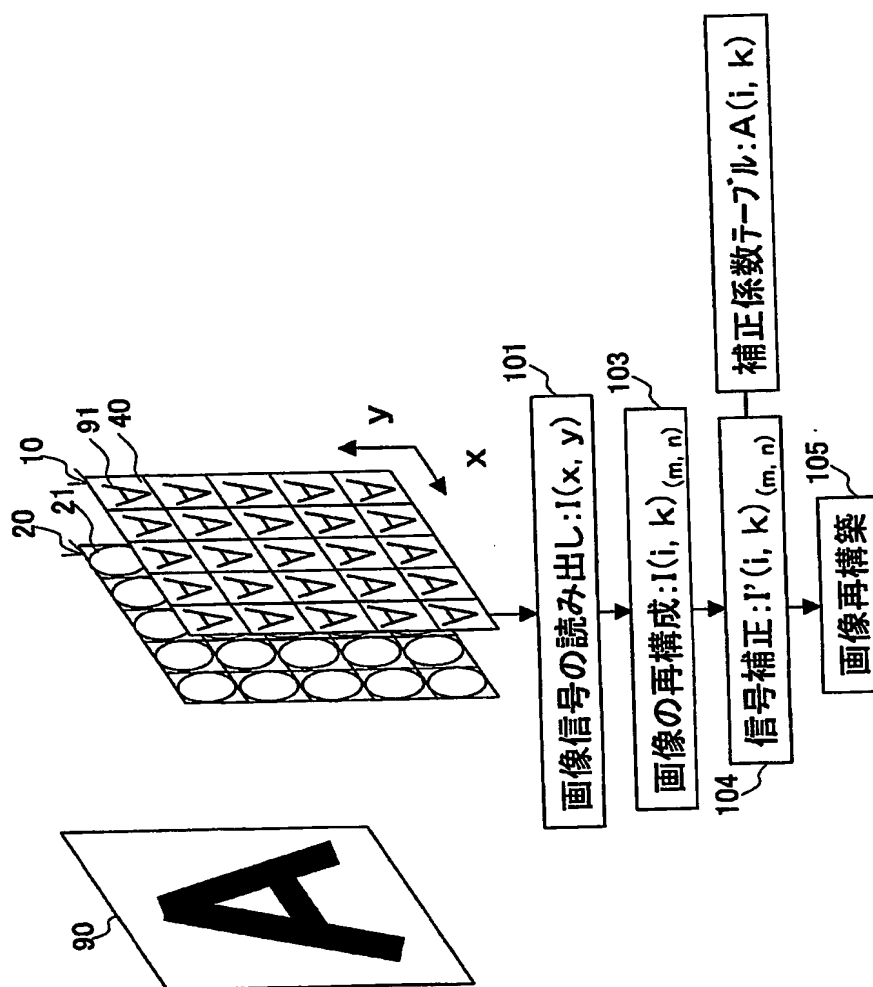




【図 9】



【図 10】



## 【書類名】 要約書

## 【要約】

【課題】 微小レンズからの光がけられることなく光電変換素子に入射することができ、その結果、高画質画像を得ることができる撮像装置を提供する。

【解決手段】 第1平面内に配置された多数の画素11を備える固体撮像素子10、及び第2平面内に配置された複数の微小レンズ21を備える微小レンズアレイ20を有し、1つの微小レンズ21に対して複数の画素11が対応し、各微小レンズ21が対応する複数の画素11に被写体像を結像する。各画素11の光電変換部分12に入射可能な光線の最大入射角を $\theta$ 、微小レンズ21の焦点距離を $f$ 、1つの微小レンズ21に対応する複数の画素11が配置された領域の外接円の直径を $L$ としたとき、微小レンズ21に対応する複数の画素11のうち、その微小レンズの光軸21aに対して最も遠い位置にある画素について、 $\arctan(L/f) \leq \theta$ を満足する。

【選択図】 図2

特願 2 0 0 3 - 3 7 4 7 2 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 8 2 1 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

氏 名

松下電器産業株式会社